

Compétences : Chronophotographie. Mouvement de chute libre.

TP1 : Mesure de l'accélération de la pesanteur terrestre g

Contexte et objectif de l'activité

Le g (la lettre g étant l'initiale de gravité) désigne une **accélération** correspondant approximativement à l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre. Cette grandeur est couramment utilisée en **aéronautique**, dans l'**industrie automobile** et dans les **parcs d'attractions** pour caractériser les accélérations subies par les passagers. Au lycée, on adopte comme valeur de référence : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ à la surface de la Terre.

Le but de cette activité est de déterminer expérimentalement la valeur de l'accélération de la pesanteur g en étudiant le mouvement d'une balle lancée.

I. Chute libre dans l'air

Document 1 Vidéo du lancer vertical d'une balle de tennis

Vous disposez d'une vidéo montrant le lancer vertical d'une balle de tennis, animée d'une impulsion initiale dirigée de bas en haut.

Modélisation de la situation

- Le système étudié est la balle de tennis de masse $m = 58 \text{ g}$ modélisée par son centre de masse, noté M.
- Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre, supposé **galiléen**.
- La longueur de la planche de référence visible sur la vidéo est de 1,0 m.
- Les axes du repère du référentiel d'étude sont indiqués sur la figure ci-dessus.



Document 2 Pointage

Consulter la vidéo associée pour apprendre à réaliser le pointage de la position du centre de masse M à l'aide du logiciel de pointage



Document 3 Calcul numérique d'une dérivée dans regressi

On repère les positions du point M à intervalle de temps réguliers Δt . Dans cette étude, on s'intéresse uniquement aux **positions verticales** y du point M.

On note $y[i]$ la **coordonnée verticale** du point M à l'instant $t[i]$.

On note $v_y[i]$ la **coordonnée suivant l'axe vertical** du vecteur vitesse $\vec{v}_i$ à ce même instant.

Ces grandeurs permettront de déterminer expérimentalement la **vitesse** puis l'**accélération** du mouvement, et d'en déduire la valeur de g.

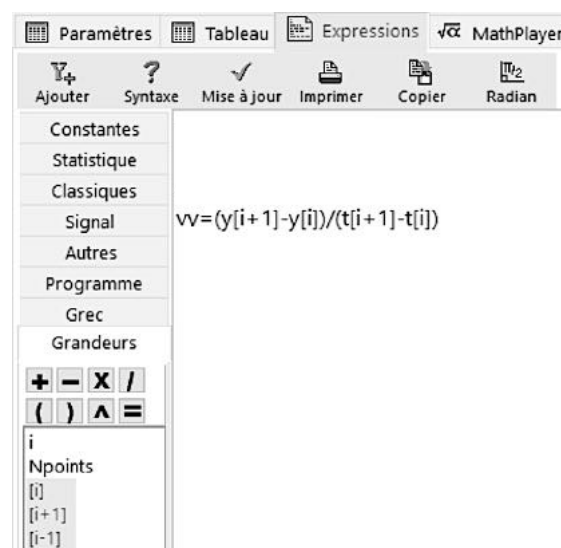
$$\text{On a : } v_y[i] = \frac{y[i+1] - y[i-1]}{t[i+1] - t[i-1]} \quad \text{et} \quad a_y[i] = \frac{v_y[i+1] - v_y[i-1]}{t[i+1] - t[i-1]}$$

Calcul des composantes de la vitesse et de l'accélération avec Regressi

Pour ajouter dans **Regressi** la colonne v_y , correspondant aux **coordonnées verticales du vecteur vitesse**, procéder de la manière suivante :

- Aller dans l'onglet « **Expressions** ».
- Saisir les expressions de v_y en utilisant les notations : $y[i+1]$, $y[i-1]$, $t[i+1]$, $t[i-1]$. (voir figure ci-contre)

Ces expressions correspondent à un **calcul numérique de la dérivée**, fondé sur la variation de la position entre deux instants voisins.



Calcul des composantes de l'accélération

De la même manière, ajouter la colonne a_y :

1. Toujours dans l'onglet « **Expressions** »,
2. Saisir les expressions de a_y en utilisant les notations : $v_y[i + 1]$, $v_y[i - 1]$, $t[i + 1]$, $t[i - 1]$.

On obtient ainsi les **coordonnées du vecteur accélération verticale**, ce qui permet d'analyser le mouvement et de relier expérimentalement les résultats à l'accélération de la pesanteur.

Document 4 Modèle de chute libre

On dit qu'un objet est en **chute libre** lorsque la **seule force** qui s'exerce sur lui est son **poids** : $\vec{P} = m \vec{g}$.

Dans le cas de la **balle de tennis lancée verticalement**, on suppose que les frottements de l'air sont négligeables : la balle est donc soumise **uniquement à son poids**.

En appliquant la **deuxième loi de Newton** (voir plus loin dans le cours) au mouvement du centre de gravité de la balle, on montre que **lors de la phase de descente (chute libre)**, le mouvement est **uniformément accéléré**. On obtient alors les **équations horaires** du mouvement, qui décrivent l'évolution de la position et de la vitesse au cours du temps :

<u>Position</u>	<u>Vitesse</u>	<u>Accélération</u>
$x(t) = x_0$	$v_x(t) = 0$	$a_x(t) = 0$
$y(t) = -\frac{1}{2}g \times t^2 + v_0 \times t + y_0$	$v_y(t) = v_0 - g \times t$	$a_y(t) = -g$

Exploitation des données expérimentales avec Regressi

- Effectuer le pointage des positions de la balle de tennis pendant la phase de chute libre à l'aide du logiciel de pointage.
 - Copier les données en cliquant sur l'icône **pp** avec une forme de tableaux puis cliquer sur bouton OK.
 - Ouvrir Regressi et choisir : Fichier ▷ Nouveau ▷ Presse-papiers.
1. Tracer, à l'aide de **Regressi**, la **coordonnée verticale** y de la balle en fonction du temps. Décrire l'évolution de y au cours du temps. Reproduire sur votre copie l'**allure de la courbe** $y(t)$.
 2. Tracer la **coordonnée verticale de la vitesse** v_y en fonction du temps. Décrire l'évolution de v_y au cours du temps. Reproduire sur votre copie l'**allure de la courbe** $v_y(t)$ et y indiquer :
 - o le **sommet de la trajectoire**,
 - o la **phase ascendante**,
 - o la **phase descendante**.
 3. Tracer la **coordonnée verticale de l'accélération** a_y en fonction du temps. Décrire l'évolution de a_y au cours du temps. Reproduire sur votre copie l'**allure de la courbe** $a_y(t)$.

APPEL n°1



Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats $y(t)$, $v_y(t)$ et $a_y(t)$ ou en cas de difficulté



4. À partir des trois grandeurs expérimentales $y(t)$, $v_y(t)$ et $a_y(t)$, déterminer l'**accélération de la pesanteur terrestre** $\vec{g}$ à l'aide de **modélisations adaptées** dans Regressi. (3 valeurs expérimentales de g obtenues à partir de 3 modélisations)

II. Chute verticale dans un liquide

Problème: Pierre fait de la plongée sous-marine. Il affirme qu'après un certain temps de chute dans l'eau, un objet qui coule tombe selon un mouvement rectiligne et uniforme. Paul, lui, ne fait pas de plongée mais dit que ce n'est pas possible et que la vitesse de l'objet doit toujours augmenter jusqu'à ce qu'il touche le fond.

Ayant exposé leur point de vue à leur professeur de physique, celui-ci leur dit qu'il suffit de faire l'expérience pour savoir lequel des deux a raison.

Document 5 Vidéo de chute dans un liquide

Vous disposez d'une vidéo montrant la chute d'une petite bille de masse $m = 6,9 \text{ g}$ dans une éprouvette graduée de 500 mL contenant un mélange d'eau et de glycérol visqueux.

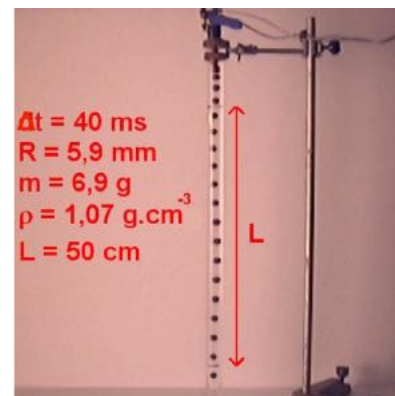
Données associées à la vidéo :

- durée entre deux images successives : 40 ms ;
- distance réelle entre les deux repères : 50 cm.

Le logiciel de pointage Aviméca, accompagné d'une fiche d'aide à son utilisation.

Le logiciel tableur-grapheur Regressi.

- Effectuer un pointage précis en utilisant toujours le même point sur l'objet.
- Représenter le graphique représentant la vitesse verticale de l'objet en fonction du temps.



APPEL n°2



Appeler le professeur pour lui présenter votre courbe $v(t)$ ou en cas de difficulté



5. Tracer sur votre copie le graphe obtenu, puis commenter son allure. Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse limite, notée v_{lim} .

6. Quelles sont les différentes phases du mouvement de la bille ? Qui de Pierre ou de Paul a raison ?

Le mouvement de la bille présente deux régimes : un régime transitoire et un régime permanent.

7. Régime transitoire : Observer l'évolution de la pente de la tangente au graphe $v(t)$ au cours du régime transitoire. En déduire comment évolue l'accélération $a(t)$ de la bille ?

8. Régime stationnaire : Que peut-on dire de l'accélération de la bille lorsque la vitesse limite est atteinte ?

III. Application du principe de l'inertie

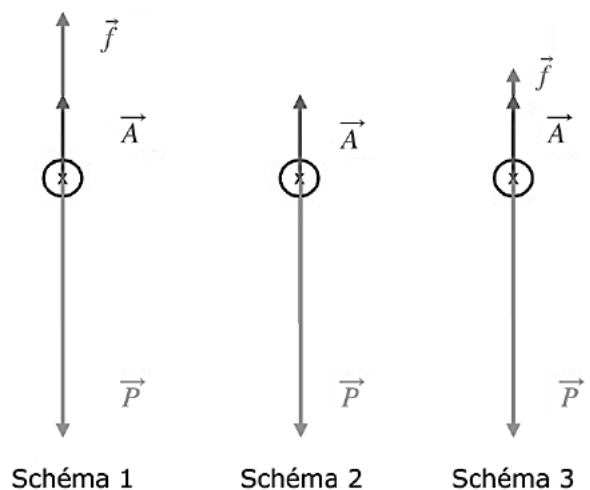
9. Enoncer le principe de l'inertie étudié en classe de seconde.

10. Que peut-on conclure sur les forces qui s'exercent sur la bille lors du régime transitoire ? Lors du régime permanent ?

La force F qui compense le poids P a deux composantes : la poussée d'Archimède $\vec{A}$ (force constante) et une force de frottement $\vec{f}$ **qui dépend de la vitesse**.

On considère les trois schémas ci-contre qui correspondent à trois instants de la chute de la bille :

- à l'instant initial,
- à un instant en régime transitoire (la vitesse augmente),
- à un instant en régime permanent (la vitesse est constante).



11. Associer chaque schéma à l'un de ces trois instants en justifiant votre réponse.

12. Comment évolue la force de frottement quand la vitesse augmente ? Que devient-elle lorsque la vitesse limite est atteinte ?